

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 074 713 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
07.02.2001 Bulletin 2001/06

(51) Int Cl.7: **F02D 13/04**(21) Numéro de dépôt: **00402156.4**(22) Date de dépôt: **27.07.2000**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**

(71) Demandeur: **Renault**  
**92100 Boulogne Billancourt (FR)**

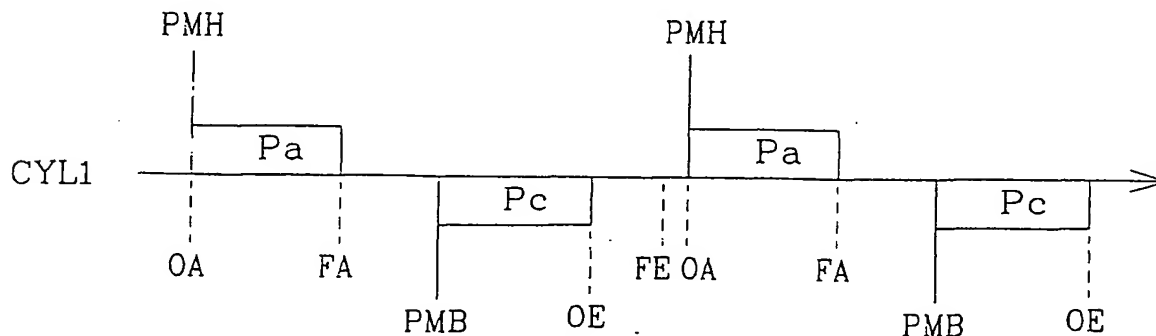
(72) Inventeur: **Desjardins, Georges**  
**92500 Rueil Malmaison (FR)**

(30) Priorité: **06.08.1999 FR 9910227**

(54) **Procédé de commande d'un moteur à combustion en vue de faciliter le démarrage du moteur après un arrêt**

(57) L'invention propose un procédé de commande d'un moteur à combustion à quatre temps, du type dans lequel un cylindre peut fonctionner selon un mode en compresseur d'air qui comprend notamment, une phase d'admission d'air ( $P_a$ ), bornée par l'ouverture (OA) et par la fermeture (FA) de la soupape d'admission, une phase de compression d'air ( $P_c$ ) pendant laquelle toutes les soupapes sont fermées et qui est bornée par le point

mort bas (PMB) et par l'ouverture (OE) de la soupape d'échappement qui a lieu avant l'ouverture (OA) suivante de la soupape d'admission, en vue de faciliter le démarrage du moteur après un arrêt, caractérisé en ce qu'il consiste, lorsque l'on a demandé l'arrêt du moteur et coupé l'alimentation en carburant, à commander le fonctionnement d'au moins un cylindre (CYL1) en mode en compresseur d'air de façon à arrêter le vilebrequin dans une position déterminée.

**FIG.5A****EP 1 074 713 A1**

## Description

[0001] La présente invention concerne un moteur à combustion, notamment un moteur thermique de véhicule automobile.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement un procédé de commande d'un moteur à combustion à quatre temps en vue de faciliter le démarrage du moteur après un arrêt.

[0003] L'invention concerne plus particulièrement un moteur à combustion, du type comportant un vilebrequin, du type comportant un circuit d'admission d'air ou de mélange air/carburant et un circuit d'échappement de gaz brûlés qui communiquent avec une chambre de combustion d'au moins un cylindre du moteur, du type dans lequel les communications des circuits d'admission et d'échappement avec la chambre sont susceptibles d'être obturées chacune par au moins une soupape, respectivement d'admission et, respectivement, d'échappement, à ouverture commandée par un actionneur, notamment par un actionneur électromagnétique, relié à une unité électronique de commande, du type dans lequel un piston décrit un mouvement de va-et-vient dans le cylindre comprenant une course descendante du piston du point mort haut vers le point mort bas et une course ascendante du piston du point mort bas vers le point mort haut, du type dans lequel un cylindre peut fonctionner selon un mode en compresseur d'air qui comprend notamment, une phase d'admission d'air bornée par l'ouverture et par la fermeture de la soupape d'admission, une phase de compression d'air pendant laquelle toutes les soupapes sont fermées et qui est bornée par le point mort bas et par l'ouverture de la soupape d'échappement qui a lieu avant l'ouverture suivante de la soupape d'admission.

[0004] Un tel moteur à combustion sans arbre à cames, aussi appelé moteur "camless", offre de grandes possibilités pour la commande individualisée des soupapes d'admission et d'échappement indépendamment du ou des diagrammes généraux de distribution du moteur.

[0005] Dans un moteur traditionnel dont les soupapes sont commandées par des arbres à cames, les mouvements des soupapes, des pistons et du vilebrequin les uns par rapport aux autres sont prédéfinis par la conception et l'assemblage du moteur.

[0006] Si l'on connaît la position de l'un quelconque des éléments mobiles qui participent aux cycles de fonctionnement du moteur, on connaît alors sans ambiguïté la position de tous les autres éléments.

[0007] Généralement, sur ce type de moteur, pour connaître la position de fonctionnement dans laquelle le moteur s'est arrêté, on observe la position de repères situés sur l'un des arbres à cames ou sur le vilebrequin.

[0008] Lors du démarrage du moteur, la connaissance de la position du vilebrequin par rapport à ces repères suffit pour déclencher l'alimentation en carburant en phase avec l'ensemble des autres opérations qui ne

peuvent se dérouler par la suite qu'avec la même chronologie.

[0009] Aucune précaution particulière n'est donc nécessaire, tant pour déclencher l'arrêt du moteur que pour préparer le démarrage.

[0010] Dans le cas des moteurs « camless » il n'existe pas de lien mécanique entre le mouvement des soupapes et le mouvement du piston et du vilebrequin.

[0011] Le mouvement des soupapes par rapport au mouvement du piston et du vilebrequin est déterminé par l'énergie fournie aux actionneurs sous la commande de l'unité électronique de commande. Dès que l'on arrête de fournir de l'énergie aux actionneurs, il n'y a plus de lien entre le mouvement des soupapes et des autres éléments.

[0012] Au démarrage, il faut alors identifier la position du vilebrequin pour connaître la position des pistons et synchroniser sur cette position le mouvement des soupapes. La synchronisation du mouvement des soupapes permet de déclencher l'alimentation en carburant en phase avec l'ensemble des autres opérations.

[0013] L'identification de la position du vilebrequin peut demander jusqu'à un tour de rotation moteur selon la position relative, au moment de l'arrêt, du (ou des) repères de position tournants placés sur le vilebrequin et du (ou des) capteurs fixes permettant de les identifier. Ce délai allonge inutilement le temps de démarrage du moteur de plusieurs dixièmes de seconde, compte tenu de la vitesse de rotation très faible du vilebrequin lorsque le démarreur entraîne le moteur.

[0014] Un autre problème sur ce type de moteur pendant l'arrêt est que, sous l'action des différences de température, les gaz brûlés se répandent dans l'ensemble du moteur et dégradent sensiblement son aptitude au démarrage. Le fait que toutes les soupapes ne soient pas forcément fermées pendant l'arrêt sur les moteurs « camless », aggrave ce type de défaut.

[0015] L'invention vise à utiliser les possibilités offertes par la commande individuelle des soupapes pour préparer le prochain démarrage du moteur.

[0016] Dans ce but, l'invention propose un procédé de commande d'un moteur à combustion à quatre temps du type décrit précédemment, en vue de faciliter le démarrage du moteur après un arrêt, caractérisé en ce qu'il consiste, lorsque l'on a demandé l'arrêt du moteur et coupé l'alimentation en carburant, à commander le fonctionnement d'au moins un cylindre en mode en compresseur d'air de façon à arrêter le vilebrequin dans une position déterminée.

[0017] Grâce à un tel procédé, on améliore le démarrage du moteur, notamment en diminuant le temps de réaction perçu par l'utilisateur qui a commandé le démarrage.

[0018] Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- on met en oeuvre, jusqu'à un seuil déterminé de régime du moteur, une séquence dite de décélération du vilebrequin pendant laquelle tous les cylindres

- fonctionnent en mode en compresseur d'air, puis on met en oeuvre, jusqu'à l'arrêt du vilebrequin, une séquence dite de blocage du vilebrequin pendant laquelle les cylindres qui ont leur point mort haut sensiblement au même angle de rotation du vilebrequin fonctionnent en mode en compresseur d'air en faisant coïncider dans le temps leurs phases de compression d'air ;
- pendant la séquence de blocage du vilebrequin, les cylindres qui ne fonctionnent pas en mode en compresseur d'air fonctionnent selon un mode passif dans lequel leurs soupapes d'admission ou bien d'échappement sont maintenues ouvertes ;
  - pour chaque cylindre fonctionnant en mode en compresseur d'air, pendant la séquence de décélération du vilebrequin il y a une phase de compression d'air tous les deux tours de vilebrequin et, pendant la séquence de blocage du vilebrequin il y a une phase de compression d'air à chaque tour de vilebrequin ;
  - pendant la séquence de décélération du vilebrequin, on régule la décélération en faisant fonctionner certains cylindres en mode passif ;
  - pendant la séquence de décélération du vilebrequin, on équilibre dans le temps la répartition des phases de compression d'air entre les différents cylindres fonctionnant en mode en compresseur d'air ;
  - pendant la séquence de décélération du vilebrequin, on régule la décélération en modifiant l'instant de fermeture de la soupape d'admission et/ou en modifiant l'instant d'ouverture de la soupape d'échappement des cylindres fonctionnant en mode en compresseur d'air ;
  - pour les cylindres fonctionnant en mode en compresseur d'air pendant la séquence de blocage du vilebrequin, on choisit les instants d'ouverture et de fermeture des soupapes pour maximiser la décélération du vilebrequin ;
  - pendant la séquence de blocage du vilebrequin, l'unité électronique de commande analyse la position du vilebrequin par rapport à des repères angulaires d'identification pour déterminer l'instant d'arrêt du vilebrequin ;
  - pendant la séquence de blocage du vilebrequin, l'unité électronique de commande déclenche l'ouverture de la soupape d'échappement des cylindres fonctionnant en mode en compresseur d'air juste avant l'instant d'arrêt du vilebrequin ;
  - pendant la séquence de blocage du vilebrequin, pour chaque cylindre se trouvant dans une phase d'admission d'air qui précède l'arrêt du vilebrequin, l'unité électronique de commande ajuste l'instant de fermeture de la soupape d'admission de façon à aspirer une quantité d'air déterminée qui provoquera l'arrêt du vilebrequin au voisinage du point mort haut, juste avant l'ouverture des soupapes d'échappement ;
  - la position d'arrêt du vilebrequin est enregistrée

dans une mémoire non volatile pour permettre à l'unité électronique de connaître, lors du prochain démarrage, la position d'arrêt précise du vilebrequin ;

- 5 - l'unité électronique de commande détermine le seuil de régime du moteur à partir duquel on met en oeuvre la séquence de blocage du vilebrequin par des calculs ou à partir de tables en fonction de paramètres extérieurs ;
- 10 - l'unité électronique de commande détermine les instants d'ouverture et de fermeture des soupapes par des calculs ou à partir de tables en fonction de paramètres extérieurs.

15 **[0019]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- 20 - la figure 1 est une vue schématique partielle en coupe d'une partie d'un moteur à combustion interne à soupapes sans arbres à cames et commandé selon un procédé conforme aux enseignements de l'invention ;
- 25 - la figure 2 est un diagramme représentant un cycle de distribution d'un cylindre fonctionnant en mode en compresseur d'air étalé sur un tour de vilebrequin ;
- la figure 3 est un diagramme représentant un cycle de distribution d'un cylindre fonctionnant en mode en compresseur d'air étalé sur deux tours de vilebrequin ;
- 30 - les figures 4A à 4D sont quatre diagrammes illustrant le fonctionnement des cylindres d'un moteur à quatre cylindres pendant une séquence de décélération du vilebrequin ;
- 35 - les figures 5A à 5D sont quatre diagrammes illustrant le fonctionnement des cylindres d'un moteur à quatre cylindres pendant une séquence de blocage du vilebrequin.

**[0020]** Dans la description qui va suivre on considère, pour faciliter la compréhension de l'invention, que chaque cylindre possède une seule soupape d'admission et une seule soupape d'échappement.

**[0021]** On a représenté à la figure 1 un cylindre 10 d'un moteur à combustion interne à quatre temps dont la partie supérieure forme une chambre de combustion 12 délimitée par un piston mobile 14 et par une culasse 15.

**[0022]** Dans la partie inférieure du moteur, une bielle 22 relie le piston 14 à un vilebrequin 23.

**[0023]** Le cylindre 10 est alimenté en mélange air/carburant par un circuit d'admission 16 qui débouche dans la chambre de combustion 12 au travers d'une soupape d'admission 18 dont les déplacements sont commandés par un actionneur électromagnétique linéaire 11 afin d'obturer ou non la communication entre le circuit d'ad-

mission 16 et la chambre de combustion 12.

[0024] Un circuit d'échappement 17 est prévu pour l'évacuation des gaz brûlés hors de la chambre de combustion 12 au travers d'une soupape d'échappement 19 également commandée par un actionneur linéaire électromagnétique 13.

[0025] La commande des soupapes d'admission 18 et d'échappement 19 est assurée par une unité électronique de commande 21 qui pilote les actionneurs 11, 13, et qui commande aussi l'injection de carburant, ici indirecte, au moyen d'un injecteur 20, de même que l'allumage au moyen d'une bougie (non représentée).

[0026] L'unité électronique de commande 21 comporte notamment des moyens de mémorisation d'une ou plusieurs cartographies de fonctionnement du moteur.

[0027] L'unité électronique de commande 21 reçoit des signaux représentatifs de paramètres de fonctionnement tels que le régime du moteur, la pression atmosphérique, la pression dans chaque cylindre, le débit des gaz d'admission et/ou d'échappement, le couple instantané fourni, etc.

[0028] Selon le principe du cycle à quatre temps d'un moteur à combustion, celui-ci s'effectue en deux rotations du vilebrequin 23 et en quatre courses du piston 14, les quatre temps du cycle étant l'admission, la compression, la combustion et l'échappement.

[0029] La commande individuelle des soupapes sur un moteur « camless » permet de faire fonctionner le cylindre 10 selon un mode en compresseur d'air  $M_c$  lorsque l'alimentation en carburant a été coupée.

[0030] Le principe de ce mode de fonctionnement  $M_c$  est d'admettre de l'air dans le cylindre 10 pendant la course descendante du piston 14, au cours d'une phase dite d'admission d'air  $P_a$ , et de compresser l'air admis pendant la course ascendante du piston 14, au cours d'une phase dite de compression d'air  $P_c$ . Avant que le piston 14 n'ait terminé sa course ascendante on évacue l'air hors du cylindre 10, au cours d'une phase dite d'évacuation d'air  $P_e$ .

[0031] Ce type de fonctionnement permet de ralentir la rotation du vilebrequin 23 puisque la compression d'air par le piston 14 consomme de l'énergie.

[0032] Le diagramme de la figure 2 représente un cycle de distribution des soupapes du cylindre 10 en mode en compresseur d'air  $M_c$ .

[0033] Pour fonctionner en mode en compresseur d'air  $M_c$ , on ouvre la soupape d'admission 18 au voisinage du point mort haut PMH. Le piston 14 descend et aspire de l'air en provenance du circuit d'admission 16.

[0034] Au voisinage du point mort bas PMB, on ferme la soupape d'admission 18. Une certaine quantité d'air est donc emprisonnée dans la chambre de combustion 12. On a réalisé la phase d'admission d'air  $P_a$ .

[0035] Au voisinage du point mort bas PMB, le piston 14 remonte et comprime l'air contenu dans la chambre de combustion 12. C'est la phase de compression d'air  $P_c$ .

[0036] Avant le point mort haut PMH, on ouvre la sou-

pape d'échappement 19 pour évacuer l'air comprimé. Le piston 14 pousse l'air hors de la chambre de combustion 12 vers le circuit d'échappement 17. Puis l'on referme la soupape d'échappement 19 au voisinage du point mort haut PMH. On a réalisé la phase d'évacuation d'air  $P_e$ .

[0037] On a alors terminé un cycle en mode en compresseur d'air  $M_c$ , et on peut commencer un nouveau cycle en ouvrant la soupape d'admission 18.

[0038] La décélération maximale du vilebrequin 23 est obtenue lorsque l'on comprime une masse maximale d'air, d'une part, et que l'on évacue cette masse d'air comprimé avant la course descendante du piston 14, d'autre part, afin que l'air comprimé ne restitue pas d'énergie motrice en se détendant et en poussant le piston 14.

[0039] Pour admettre une masse maximale d'air il faut ouvrir la soupape d'admission 18 le plus près possible du point mort haut PMH, et fermer la soupape d'admission 18 le plus près possible du point mort bas PMB.

[0040] Pour comprimer au maximum la masse d'air admise, il faut que l'évacuation de l'air comprimé, résultant de l'ouverture OE de la soupape d'échappement 19, ait lieu le plus près possible du point mort haut PMH.

[0041] En pratique, des limites techniques portant sur les durées d'ouverture et de fermeture des soupapes limitent les possibilités pour maximiser le ralentissement du vilebrequin 23. C'est pourquoi, comme on le voit sur la figure 2, la phase d'admission  $P_a$  se déroule sur une partie seulement de la course descendante du piston 14, et la phase d'évacuation  $P_e$  est légèrement éloignée du point mort haut PMH.

[0042] Par ailleurs, on peut prévoir d'avancer la fermeture FA de la soupape d'admission 18 et/ou d'avancer l'ouverture OE de la soupape d'échappement 19, afin de réguler la vitesse de décélération du vilebrequin 23, respectivement, en diminuant la masse d'air admise et/ou en diminuant la durée de la phase de compression  $P_c$ .

[0043] On vient de décrire un cycle de fonctionnement du cylindre 10 en mode en compresseur d'air  $M_c$  qui s'est déroulé sur un tour de vilebrequin 23.

[0044] En pratique le régime du moteur, c'est à dire la vitesse de rotation du vilebrequin 23, est souvent trop élevé pour permettre un cycle de fonctionnement en mode en compresseur d'air  $M_c$  sur un seul tour de vilebrequin 23. Même lorsque le moteur tourne au ralenti, les systèmes de commande des soupapes actuels peuvent ne pas permettre des temps d'ouverture et de fermeture des soupapes suffisamment faibles pour ce type de fonctionnement.

[0045] Par exemple, les systèmes de commande des soupapes actuels ne permettent pas d'ouvrir les soupapes lorsqu'il règne une pression trop forte dans la chambre de combustion 12.

[0046] Dans ce cas, on adoptera plutôt un cycle de fonctionnement en mode en compresseur d'air  $M_c$  qui s'étale sur deux tours de vilebrequin 23, comme on l'a

représenté sur la figure 3.

[0047] Dans ce cycle de fonctionnement, pour obtenir une décélération maximale du vilebrequin 23, on conserve un instant d'ouverture OA de la soupape d'admission 18 proche du point mort haut PMH, et un instant de fermeture FA de la soupape d'admission 18 proche du point mort bas PMB et situé avant celui-ci.

[0048] La phase de compression d'air  $P_c$  commence normalement à partir du point mort bas PMB.

[0049] Mais, comme la compression de l'air dans la chambre de combustion 12 peut atteindre des valeurs importantes, on commande l'ouverture OE de la soupape d'échappement 19 seulement lorsque le système de commande de la soupape le permet, au plus près du point mort haut PMH.

[0050] L'ouverture OE de la soupape d'échappement 19 a lieu soit par anticipation, avant que la pression n'atteigne une valeur trop élevée, soit en retard, quand la pression est redescendue à une valeur acceptable.

[0051] De préférence, on attend ensuite que le piston 14 se trouve à nouveau dans une phase ascendante pour commander la fermeture FE de la soupape d'échappement 19. En effet, si l'on ferme la soupape d'échappement 19 pendant une phase descendante, on va notamment comprimer de l'air pendant la phase ascendante et la pression induite dans le cylindre 10 s'opposera à l'ouverture de la soupape d'admission 18.

[0052] Au cours de cette phase ascendante, après avoir commandé la fermeture FE de la soupape d'échappement 19, on commande l'ouverture OA de la soupape d'admission 18 pour commencer un nouveau cycle en mode en compresseur d'air  $M_c$ .

[0053] De même que pour le cycle qui s'étalait sur un tour de vilebrequin 23, on peut prévoir pour le cycle qui s'étale sur deux tours de vilebrequin 23 de décaler les instants d'ouverture ou de fermeture des soupapes par rapport aux instants optimaux, afin de réguler la vitesse de décélération du vilebrequin 23.

[0054] En avançant l'instant de fermeture FA de la soupape d'admission 18, on diminue la masse d'air admise ce qui réduit la puissance de la décélération du vilebrequin 23.

[0055] En avançant l'instant d'ouverture OE de la soupape d'échappement 19, si celui-ci a lieu avant le point mort haut PMH, on diminue la durée de la phase de compression  $P_c$  ce qui diminue la décélération du vilebrequin 23.

[0056] En retardant l'instant d'ouverture OE de la soupape d'échappement 19, si celui-ci a lieu après le point mort haut PMH, on augmente la durée de la détente des gaz dans la chambre de combustion 12 ce qui diminue la décélération du vilebrequin 23.

[0057] On expliquera maintenant le fonctionnement d'un mode préféré de réalisation du procédé selon l'invention appliqué, à titre d'exemple, à un moteur muni de quatre cylindres CYL1, CYL2, CYL3, CYL4 en ligne.

[0058] Conformément à la disposition classique des cylindres sur un tel moteur, les deux cylindres intermé-

diaires CYL2, CYL3 ont leur point mort bas PMB au même angle de rotation du vilebrequin 23, à l'opposé du point mort bas PMB des cylindres d'extrémité CYL1, CYL4.

[0059] Selon l'invention, lorsque l'utilisateur commande l'arrêt du moteur, l'alimentation en carburant est coupée mais pas l'alimentation en énergie pour faire fonctionner les actionneurs 11, 13 de soupapes. Par conséquent, c'est l'unité électronique de commande 21 qui pilotera l'arrêt de fourniture d'énergie au moteur, lorsque la mise en oeuvre du procédé sera terminée.

[0060] Dès que l'alimentation en carburant est coupée, on commande la mise en place d'une séquence dite de décélération  $S_d$  du vilebrequin 23.

[0061] La séquence de décélération  $S_d$  du vilebrequin 23 consiste à faire fonctionner les quatre cylindres CYL1, CYL2, CYL3, CYL4 en mode en compresseur d'air  $M_c$ , en essayant de maximiser l'intensité de la décélération.

[0062] De préférence on utilise un cycle de fonctionnement en mode en compresseur d'air  $M_c$  étalé sur deux tours de vilebrequin 23, du type de celui qu'on a décrit en référence à la figure 3. En effet, lorsque l'utilisateur commande l'arrêt du moteur, en général le moteur tourne au ralenti. Or la vitesse de rotation du vilebrequin 23 au ralenti est souvent trop élevée pour permettre un étalement du cycle sur un tour de vilebrequin 23.

[0063] De préférence on équilibre dans le temps la répartition des phases de compression d'air  $P_c$  entre les différents cylindres CYL1, CYL2, CYL3, CYL4. Ceci permet d'avoir une décélération régulière qui ne crée pas des à-coups, pouvant générer par exemple des vibrations du moteur désagréables pour l'utilisateur.

[0064] On a représenté aux figures 4A à 4D un exemple de répartition dans le temps des phases de compression  $P_c$ .

[0065] Ici, lorsque les cylindres d'extrémité sont à leur point mort haut PMH, on place une phase de compression  $P_c$  sur le cylindre CYL1, alors que le cylindre CYL4 est dans sa phase d'admission  $P_a$ .

[0066] Un demi-tour de vilebrequin 23 après, les cylindres intermédiaires CYL2, CYL3 sont à leur point mort haut PMH. On place alors une phase de compression  $P_c$  sur le cylindre CYL3, alors que le cylindre CYL2 est dans sa phase d'admission  $P_a$ .

[0067] Un demi-tour de vilebrequin 23 après, les cylindres d'extrémité CYL1, CYL4 sont à nouveau à leur point mort haut PMH, mais c'est le cylindre CYL4 qui se trouve dans sa phase de compression  $P_c$  alors que le cylindre CYL1 se trouve dans sa phase d'admission  $P_a$ .

[0068] Un demi-tour de vilebrequin 23 après, ce sont les cylindres intermédiaires CYL2, CYL3 qui sont à nouveau à leur point mort haut PMH, le cylindre CYL2 se trouvant dans sa phase de compression  $P_c$ , alors que le CYL 3 se trouve dans sa phase d'admission  $P_a$ .

[0069] Ainsi, à chaque demi-tour de vilebrequin 23 a lieu une phase de compression  $P_c$  sur un cylindre.

[0070] Pour améliorer la progressivité de la décéléra-

tion du vilebrequin 23, on peut piloter cette décélération en régulant son intensité, notamment en modifiant les instants d'ouverture et de fermeture des soupapes.

[0071] Selon une variante de réalisation, l'unité électronique de commande 21 détermine les instants d'ouverture et de fermeture des soupapes par des calculs ou à partir de tables en fonction de paramètres extérieurs.

[0072] Dans une variante de réalisation de l'invention, on régule la décélération du vilebrequin 23 en faisant fonctionner des cylindres dans un mode passif  $M_p$ .

[0073] Sur les cylindres fonctionnant en mode passif  $M_p$ , on laisse ouvert en permanence un nombre suffisant de soupapes pour éliminer la contribution de ces cylindres à l'effet de décélération du vilebrequin 23.

[0074] Pour que la décélération soit toujours régulière, on choisit les cylindres qui fonctionnent en mode passif  $M_p$  de manière à ce que les phases de compression  $P_c$  sur les autres cylindres soient toujours réparties de manière équilibrée dans le temps.

[0075] La mise en œuvre de la séquence de décélération  $S_d$  du vilebrequin 23 transvase un volume maximal d'air frais dans le circuit d'échappement 17. En effet, à chaque phase d'admission  $P_a$  on aspire de l'air frais par le circuit d'admission d'air 16, et on l'évacue dans le circuit d'échappement 17 pendant la phase d'évacuation  $P_e$ .

[0076] Cela permet notamment de purger le circuit d'échappement 17 de tous ses gaz brûlés afin de faciliter le démarrage du moteur après l'arrêt.

[0077] Afin de ne pas perdre tout ou partie de cet « effet de purge », il faut empêcher une communication directe entre le circuit d'admission 16 et le circuit d'échappement 17 sur les cylindres fonctionnant en mode passif  $M_p$ . C'est pourquoi, sur ces cylindres, on isole le circuit d'admission 16 du circuit d'échappement 17 en fermant toutes les soupapes d'admission 18 et en ouvrant toutes les soupapes d'échappement 19. On peut aussi ouvrir toutes les soupapes d'admission 18 et fermer toutes les soupapes d'échappement 18.

[0078] Lorsque le régime du moteur passe en dessous d'une valeur de seuil de régime  $R_s$  déterminée, on passe de la séquence de décélération  $S_d$  du vilebrequin 23 à une séquence dite de blocage  $S_b$  du vilebrequin 23.

[0079] Selon un mode de réalisation préféré, la valeur de seuil de régime  $R_s$  est déterminée par l'unité électronique de commande 21 à partir de calculs ou à partir de tables en fonction de paramètres extérieurs.

[0080] La séquence de blocage  $S_b$  du vilebrequin 23 vise à arrêter le vilebrequin 23 dans une position déterminée.

[0081] La séquence de blocage  $S_b$  du vilebrequin 23 se déroule à des régimes bas pour lesquels il n'est plus nécessaire de rechercher une régularité de la décélération. Par conséquent on ne fait plus fonctionner que certains cylindres judicieusement sélectionnés en mode en compresseur d'air  $M_c$ .

[0082] Pour les cylindres sélectionnés et fonctionnant

en mode en compresseur d'air  $M_c$ , statistiquement leur piston 14 s'arrêtera avant le point mort haut PMH de leur phase de compression  $P_c$ . C'est pourquoi on augmente les chances d'arrêt du vilebrequin 23 dans une demi-course déterminée en sélectionnant des cylindres qui ont leur point mort haut PMH situé sensiblement au même angle de rotation du vilebrequin 23 et en faisant coïncider dans le temps leurs phases de compression  $P_c$ .

[0083] Le régime du moteur pendant la séquence de blocage  $S_b$  du vilebrequin 23 est en général suffisamment faible pour permettre le fonctionnement des cylindres sélectionnés en mode en compresseur d'air  $M_c$  étalé sur un seul tour de vilebrequin 23. On choisira donc de préférence ce mode de fonctionnement en cherchant à obtenir une décélération importante, voire maximale.

[0084] Les cylindres qui n'ont pas été sélectionnés fonctionnent selon le mode passif  $M_p$  expliqué précédemment, dans lequel on isole le circuit d'admission 16 du circuit d'échappement 17.

[0085] On a représenté aux figures 5A à 5D des diagrammes représentant le fonctionnement du moteur à quatre cylindres pendant la séquence de blocage  $S_b$  du vilebrequin 23.

[0086] Les deux cylindres d'extrémité CYL1 et CYL4, qui ont leur point mort haut PMH au même angle de rotation du vilebrequin 23, fonctionnent en mode en compresseur d'air  $M_c$  étalé sur un tour de vilebrequin 23 tel qu'on l'a décrit en référence à la figure 2.

[0087] Contrairement aux diagrammes des figures 4A à 4D, on remarque que les phases d'admission  $P_a$  et de compression  $P_c$  de ces deux cylindres CYL1, CYL4 coïncident dans le temps. Le vilebrequin 23 est donc ralenti fortement à chaque course ascendante des pistons 14 des cylindres d'extrémité CYL1, CYL4.

[0088] Pendant que les cylindres d'extrémité CYL1, CYL4 fonctionnent en mode en compresseur d'air  $M_c$ , les cylindres intermédiaires CYL2, CYL3 fonctionnent en mode passif  $M_p$ , ici avec les soupapes d'admission 18 ouvertes et les soupapes d'échappement 19 fermées.

[0089] A un instant T, le vilebrequin 23 n'a plus assez d'énergie pour permettre aux pistons 14 de compresser l'air admis dans les cylindres d'extrémité CYL1, CYL4 jusqu'à la fin de la phase de compression  $P_c$  et il se bloque dans une position située entre le point mort bas PMB et l'instant prévu d'ouverture OE des soupapes d'échappement 19.

[0090] Cependant, le vilebrequin 23 ne va pas se maintenir dans cette position mais repartir un peu en arrière sous l'action de l'air qui reste comprimé dans les cylindres sélectionnés CYL1, CYL4.

[0091] C'est pourquoi on met en place une stratégie de commande du moteur qui vise à bloquer le vilebrequin 23 dans sa première position d'arrêt.

[0092] Selon cette stratégie, l'unité électronique de commande 21 analyse à l'aide de capteurs fixes des repères angulaires tournants situés sur le vilebrequin 23 pour déterminer l'instant T d'arrêt du vilebrequin 23.

[0093] L'unité électronique de commande 21 déclenche l'ouverture OE des soupapes d'échappement 19 des cylindres sélectionnés CYL1, CYL4 juste avant l'instant T pour éviter le retour en arrière et bloquer le mouvement du vilebrequin 23.

[0094] On note que l'instant de fermeture FA des soupapes d'admission 18 sur les cylindres sélectionnés CYL1, CYL4 est choisi selon un compromis entre un volume d'air admis trop important ou pas assez important.

[0095] Si l'on admet trop d'air, le vilebrequin 23 s'arrêtera rapidement après le point mort bas PMB des cylindres sélectionnés CYL1, CYL4, et on n'aura pas le temps d'ouvrir les soupapes d'échappement 19 avant le retour en arrière du vilebrequin 23.

[0096] Si l'on n'admet pas assez d'air, le vilebrequin 23 risque de faire un tour supplémentaire car la pression dans les chambres de combustion 12 des cylindres sélectionnés CYL1, CYL4 sera insuffisante pour arrêter le vilebrequin 23.

[0097] Selon une variante de réalisation, l'unité électronique de commande 21 anticipe l'arrêt du vilebrequin 23 en ajustant, pendant la phase d'admission  $P_a$  qui précède l'arrêt, l'instant de fermeture FA des soupapes d'admission 18 des cylindres sélectionnés CYL1, CYL4, de manière à admettre une quantité d'air déterminée. Cette quantité d'air est déterminée de manière à entraîner l'arrêt du vilebrequin 23 le plus près possible de l'ouverture OE des soupapes d'échappement 19 des cylindres sélectionnés CYL1, CYL4.

[0098] La mise en oeuvre de la stratégie d'arrêt permet d'arrêter le vilebrequin 23 dans une position déterminée, qui se trouve en général au voisinage du point mort haut PMH des cylindres sélectionnés CYL1, CYL4 pour la séquence de blocage  $S_b$ .

[0099] L'unité électronique de commande 21 déclenche alors l'arrêt de fourniture d'énergie au moteur.

[0100] Lors du prochain démarrage du moteur, l'unité électronique de commande 21 connaît la position approximative du vilebrequin 23, des pistons de chaque cylindre et des soupapes. Il n'est donc pas nécessaire d'attendre qu'un capteur détermine la position d'un repère angulaire pour déclencher la synchronisation des mouvements de soupapes, des injections de carburant et des allumages afin de permettre le démarrage du moteur.

[0101] On rétablit alors rapidement la synchronisation de l'alimentation en carburant et de l'allumage avec le mouvement des pistons et des soupapes.

[0102] Selon une variante de réalisation, on mémorise, dans une mémoire non volatile, la position d'arrêt précise du vilebrequin 23 qui a été déterminée par l'unité électronique de commande 21.

[0103] Ceci permet à l'unité électronique de commande 21, lors du prochain démarrage du moteur, de connaître la position d'arrêt exacte du vilebrequin 23, et ainsi de pouvoir accélérer le démarrage du moteur.

[0104] Le procédé selon l'invention s'applique aussi à un moteur comportant un seul cylindre ou un nombre

de cylindre différent du nombre quatre. Les cylindres peuvent comporter plusieurs soupapes d'admission et/ou plusieurs soupapes d'échappement.

5

## Revendications

1. Procédé de commande d'un moteur à combustion à quatre temps, du type comportant un vilebrequin (23), du type comportant un circuit d'admission d'air (16) ou de mélange air/carburant et un circuit d'échappement (17) de gaz brûlés qui communique avec une chambre de combustion (12) d'au moins un cylindre (10) du moteur, du type dans lequel les communications des circuits d'admission (16) et d'échappement (17) avec la chambre (12) sont susceptibles d'être obturées chacune par au moins une soupape, respectivement d'admission (18) et, respectivement, d'échappement (19), à ouverture commandée par un actionneur (11, 13), notamment par un actionneur électromagnétique, relié à une unité électronique de commande (21), du type dans lequel un piston (14) décrit un mouvement de va-et-vient dans le cylindre (10) comprenant une course descendante du piston (14) du point mort haut (PMH) vers le point mort bas (PMB) et une course ascendante du piston (14) du point mort bas (PMB) vers le point mort haut (PMH), du type dans lequel un cylindre (10) peut fonctionner selon un mode en compresseur d'air ( $M_c$ ) qui comprend notamment, une phase d'admission d'air ( $P_a$ ), bornée par l'ouverture (OA) et par la fermeture (FA) de la soupape d'admission (18), une phase de compression d'air ( $P_c$ ) pendant laquelle toutes les soupapes sont fermées et qui est bornée par le point mort bas (PMB) et par l'ouverture (OE) de la soupape d'échappement (19) qui a lieu avant l'ouverture (OA) suivante de la soupape d'admission (18), en vue de faciliter le démarrage du moteur après un arrêt, caractérisé en ce qu'il consiste, lorsque l'on a demandé l'arrêt du moteur et coupé l'alimentation en carburant, à commander le fonctionnement d'au moins un cylindre (10) en mode en compresseur d'air ( $M_c$ ) de façon à arrêter le vilebrequin (23) dans une position déterminée.
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'on met en oeuvre, jusqu'à un seuil ( $R_s$ ) déterminé de régime du moteur, une séquence dite de décélération ( $S_d$ ) du vilebrequin (23) pendant laquelle tous les cylindres (CYL1, CYL2, CYL3, CYL4) fonctionnent en mode en compresseur d'air ( $M_c$ ), puis l'on met en oeuvre, jusqu'à l'arrêt du vilebrequin (23), une séquence dite de blocage ( $S_b$ ) du vilebrequin (23) pendant laquelle les cylindres (CYL1, CYL4) qui ont leur point mort haut (PMH) sensiblement au même angle de rotation du vilebrequin (23) fonctionnent en mode en compres-



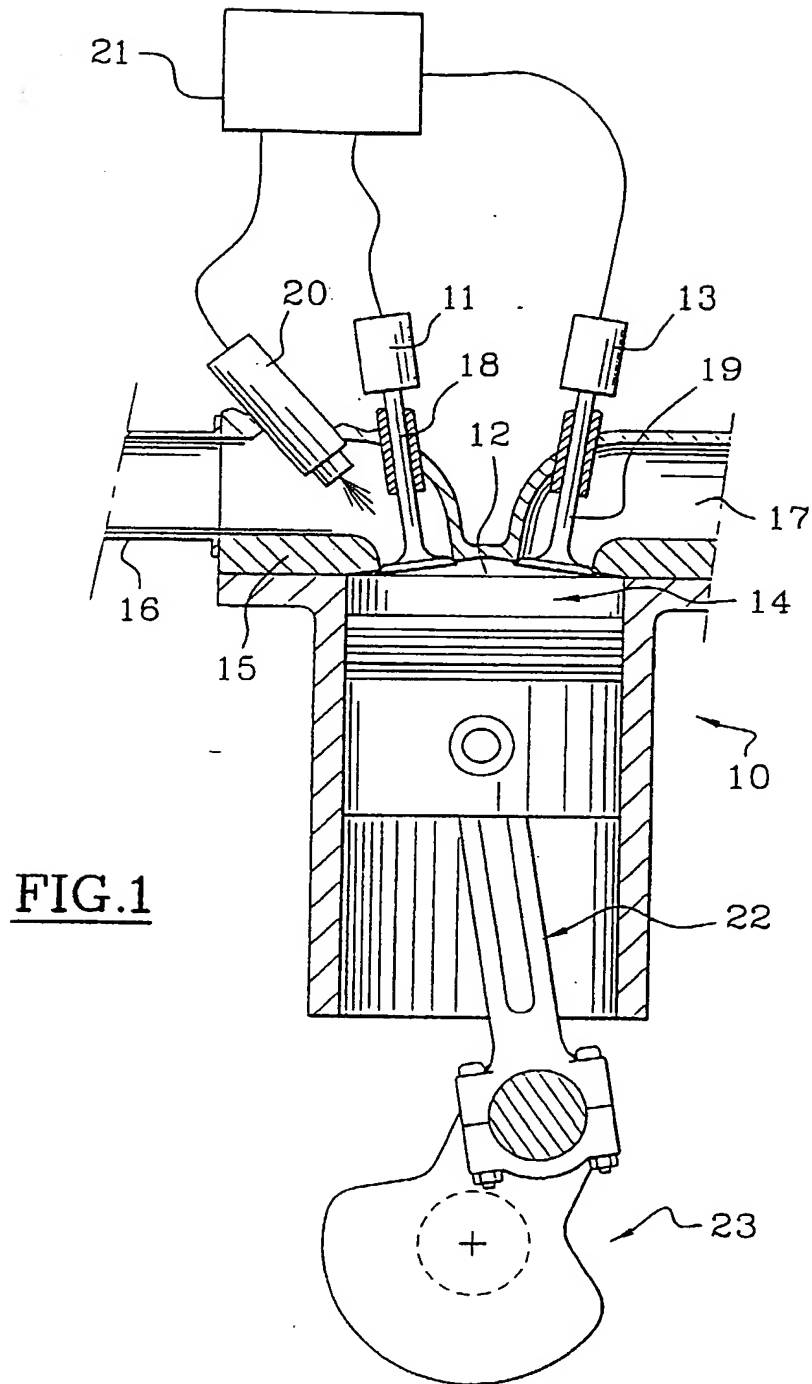
seur d'air en faisant coïncider dans le temps leurs phases de compression d'air ( $P_c$ ).

3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, pendant la séquence de blocage ( $S_b$ ) du vilebrequin (23), les cylindres (CYL2, CYL3) qui ne fonctionnent pas en mode en compresseur d'air ( $M_c$ ) fonctionnent selon un mode passif ( $M_p$ ) dans lequel leurs soupapes d'admission (18) ou bien d'échappement (19) sont maintenues ouvertes.
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que, pour chaque cylindre (CYL1, CYL2, CYL3, CYL4) fonctionnant en mode en compresseur d'air ( $M_c$ ), pendant la séquence de décélération ( $S_d$ ) du vilebrequin (23) il y a une phase de compression d'air ( $P_c$ ) tous les deux tours de vilebrequin (23) et, pendant la séquence de blocage ( $S_b$ ) du vilebrequin (23) il y a une phase de compression d'air ( $P_c$ ) à chaque tour de vilebrequin (23).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que pendant la séquence de décélération ( $S_d$ ) du vilebrequin (23) on régule la décélération en faisant fonctionner certains cylindres en mode passif ( $M_p$ ).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que pendant la séquence de décélération ( $S_d$ ) du vilebrequin (23) on équilibre dans le temps la répartition des phases de compression d'air ( $P_c$ ) entre les différents cylindres (CYL1, CYL2, CYL3, CYL4) fonctionnant en mode en compresseur d'air ( $M_c$ ).
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que, pendant la séquence de décélération ( $S_d$ ) du vilebrequin (23), on régule la décélération en modifiant l'instant de fermeture (FA) de la soupape d'admission (18) et/ou en modifiant l'instant d'ouverture (OE) de la soupape d'échappement (19) des cylindres (CYL1, CYL2, CYL3, CYL4) fonctionnant en mode en compresseur d'air ( $M_c$ ).
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que, pour les cylindres (CYL1, CYL4) fonctionnant en mode en compresseur d'air ( $M_c$ ) pendant la séquence de blocage ( $S_b$ ) du vilebrequin (23), on choisit les instants d'ouverture et de fermeture des soupapes pour maximiser la décélération du vilebrequin (23).
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que, pendant la séquence de blocage ( $S_b$ ) du vilebrequin (23), l'unité électronique de commande (21) analyse la position du vi-

lebrequin (23) par rapport à des repères angulaires d'identification pour déterminer l'instant (T) d'arrêt du vilebrequin (23).

10. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, pendant la séquence de blocage ( $S_b$ ) du vilebrequin (23), l'unité électronique de commande (21) déclenche l'ouverture (OE) de la soupape d'échappement (19) des cylindres (CYL1, CYL4) fonctionnant en mode en compresseur d'air ( $M_c$ ) juste avant l'instant (T) d'arrêt du vilebrequin (23).
11. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que, pendant la séquence de blocage ( $S_b$ ) du vilebrequin (23), pour chaque cylindre (CYL1, CYL4) se trouvant dans une phase d'admission d'air ( $P_a$ ) qui précède l'arrêt du vilebrequin (23), l'unité électronique de commande (21) ajuste l'instant de fermeture (FA) de la soupape d'admission (18) de façon à aspirer une quantité d'air déterminée qui provoquera l'arrêt du vilebrequin (23) au voisinage du point mort haut (PMH), juste avant l'ouverture (OE) des soupapes d'échappement (19).
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que la position d'arrêt du vilebrequin (23) est enregistrée dans une mémoire non volatile pour permettre à l'unité électronique de commande (21) de connaître, lors du prochain démarrage, la position d'arrêt précise du vilebrequin (23).
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 12, caractérisé en ce que l'unité électronique de commande (21) détermine le seuil de régime ( $R_g$ ) du moteur à partir duquel on met en oeuvre la séquence de blocage ( $S_b$ ) du vilebrequin (23) par des calculs ou à partir de tables en fonction de paramètres extérieurs.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité électronique de commande (21) détermine les instants d'ouverture et de fermeture des soupapes par des calculs ou à partir de tables en fonction de paramètres extérieurs.





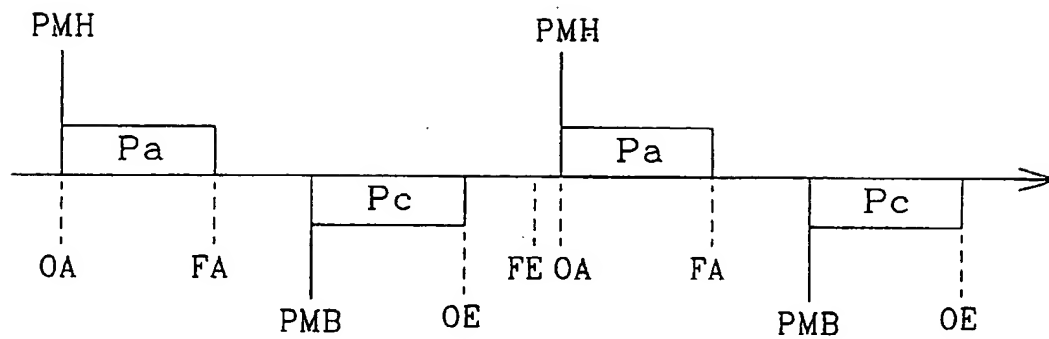


FIG. 2

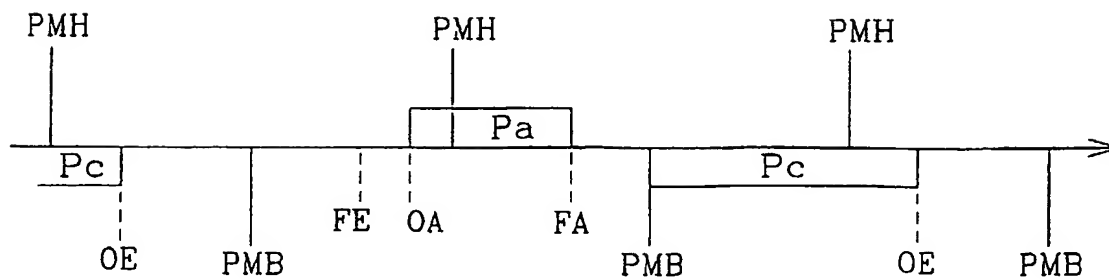


FIG. 3

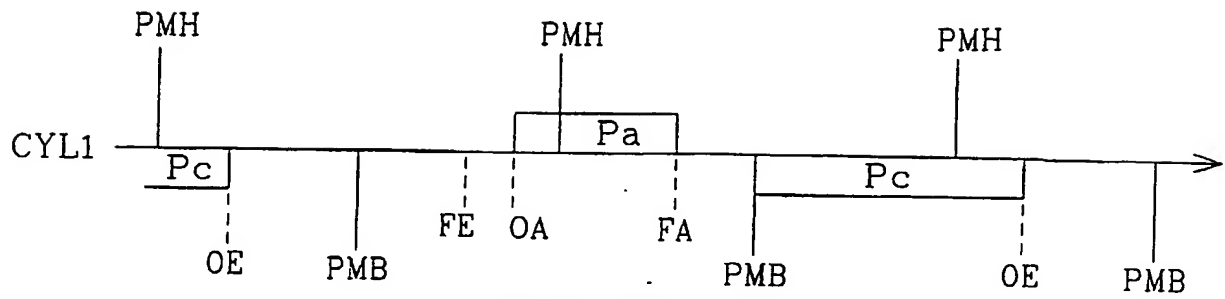


FIG.4A

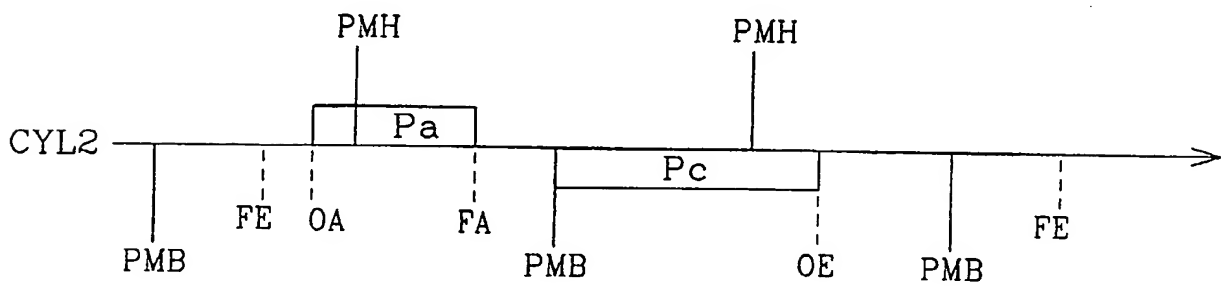


FIG.4B

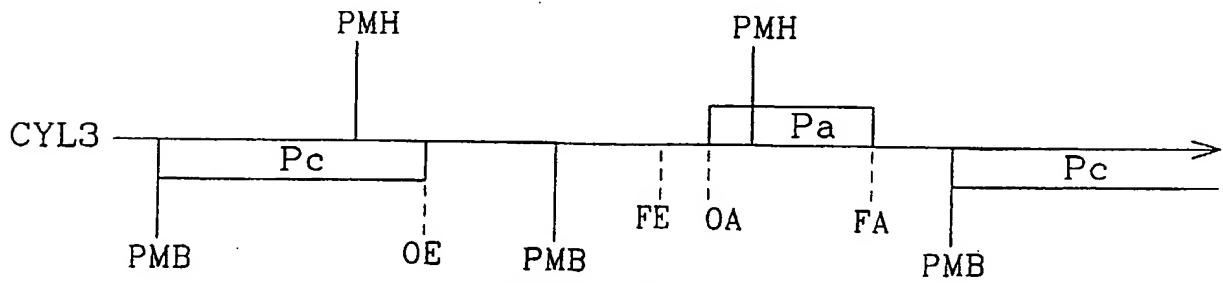


FIG.4C

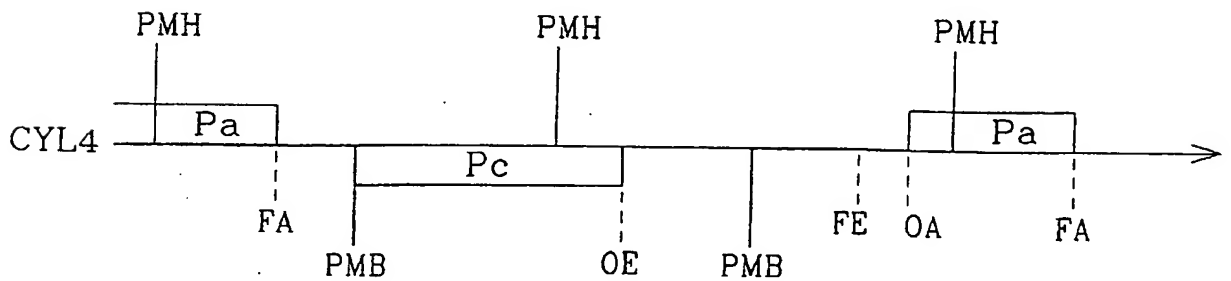


FIG.4D

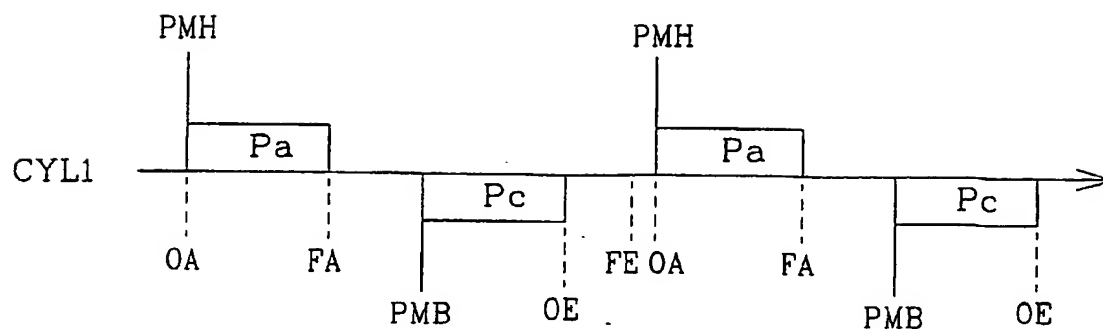


FIG.5A

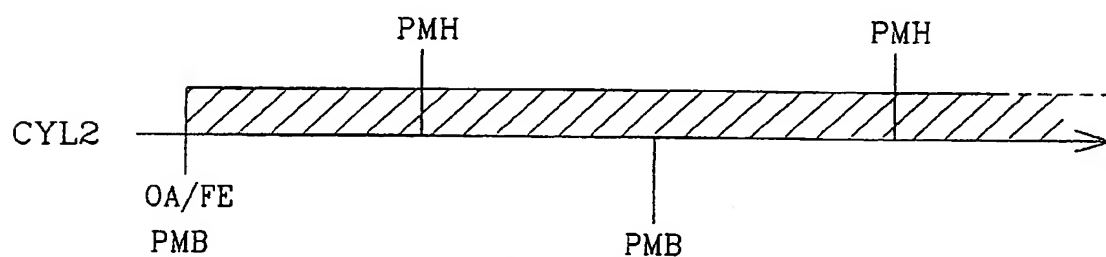


FIG.5B

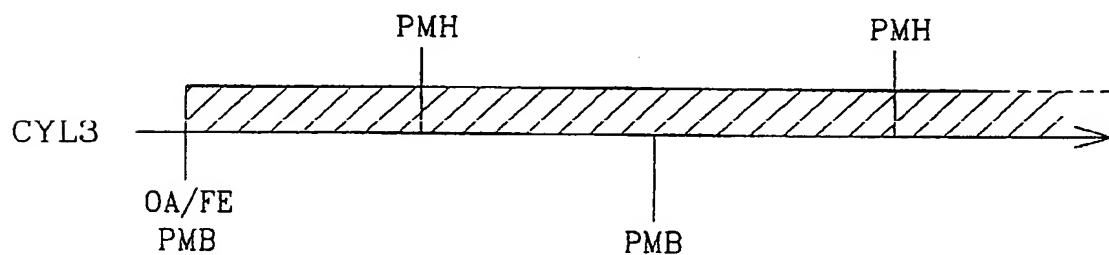


FIG.5C

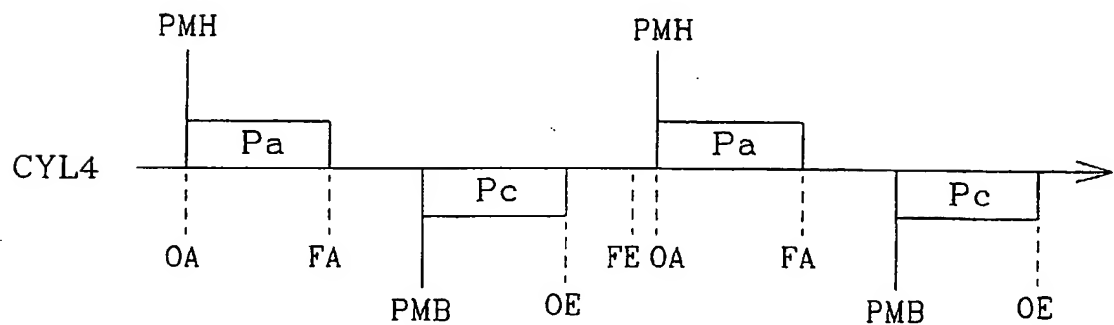


FIG.5D



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 00 40 2156

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	DE 197 57 407 A (GUENTHER ALBRECHT DR MED) 9 juillet 1998 (1998-07-09) * revendication 1 *	1	F02D13/04
A	US 5 255 650 A (FALETTI JAMES J ET AL) 26 octobre 1993 (1993-10-26) * colonne 1, ligne 54 - colonne 2, ligne 39 *	1	
A	US 5 803 040 A (LAUTENSCHUETZ PETER ET AL) 8 septembre 1998 (1998-09-08) * revendication 1 *	1	
A	FR 2 528 114 A (RENAULT VEHICULES IND) 9 décembre 1983 (1983-12-09) * revendication 1 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			F02D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13 novembre 2000	Examineur Alconchel y Ungria,J
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 00 40 2156

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

13-11-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19757407 A	09-07-1998	AUCUN	
US 5255650 A	26-10-1993	BR 9305521 A	20-12-1994
		CN 1081976 A,B	16-02-1994
		DE 69312454 D	28-08-1997
		DE 69312454 T	26-02-1998
		EP 0605672 A	13-07-1994
		JP 6509625 T	27-10-1994
		WO 9324738 A	09-12-1993
US 5803040 A	08-09-1998	DE 19546549 C	06-03-1997
		EP 0779427 A	18-06-1997
FR 2528114 A	09-12-1983	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82